



TITLE:

実用的な土石流数値計算モデルの開発(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

和田, 孝志

CITATION:

和田, 孝志. 実用的な土石流数値計算モデルの開発. 京都大学, 2016, 博士 (農学)

ISSUE DATE:

2016-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19784>

RIGHT:

京都大学	博士（農学）	氏名	和田 孝志
論文題目	実用的な土石流数値計算モデルの開発		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>頻発する土砂災害の中でも土石流災害は人的・物的被害が大きいにもかかわらず、我が国には未対策の土石流危険溪流が数多く存在している。これらの溪流で効果的な土石流対策を実施して被害を防止・軽減するためには、土石流の氾濫開始時刻や氾濫・堆積状況を精度よく予測する必要がある。しかしながら現在実用化されているモデルでは、予測精度に関して次の点が課題となっている。</p> <p>①既往のモデルでは、山地溪流に1次元モデル、扇状地に平面2次元モデルが用いられ、山地溪流と扇状地で個別に計算が行われることが多い。しかし、この方法では、これらの領域間で土石流の計算が不連続となり、双方向の連携が取れない。</p> <p>②大規模な降雨イベントの際には、複数の溪流で土石流や洪水流が発生し、それらが合流することによって合流部周辺で氾濫被害が発生する場合がある。しかし、既往のモデルではこれらの過程が反映されていない。</p> <p>③土石流は大小様々な大きさの砂礫で構成されるが、既往のモデルでは、山地溪流から扇状地までの土石流流動過程において、粒径別の砂礫の挙動が反映されていない。そのため、土石流に特徴的な現象である先頭部の巨礫集積等が考慮できない。</p> <p>本研究では、1次元モデルおよび平面2次元モデルを基礎として、上記の課題を適確かつ簡便に解決する新たな計算スキームを提案した。これにより、土石流の流動機構をより厳密に反映し、かつ、計算負荷の少ない実用的な土石流数値シミュレーションモデルを開発した。</p> <p>具体的には、①の課題を解決するため、山地溪流から扇状地までの土石流の挙動を一貫して取り扱う「結合モデル」を開発した。「結合モデル」では、従来個別に行われていた1次元計算と2次元計算を連結させ、両計算を互いに影響させながら計算を進めることが可能である。「結合モデル」による既往水路実験の再現計算結果から、山地溪流と扇状地の境界で顕著な河床変動が発生する場合においても合理的な計算を実施可能であることが示された。</p> <p>②の課題を解決するため、複数溪流から様々なタイミングで発生する洪水流や土石流の合流および合流部周辺の氾濫・堆積過程を解析可能とする「土石流合流モデル」を開発した。「土石流合流モデル」は、前述の「結合モデル」を基礎とし、2次元領域において複数の1次元領域からの流入を任意の地点、かつ、任意の流入角度で考慮可能にしたモデルである。「土石流合流モデル」による既往水路実験の再現計算結果から、本川と支川が任意の角度で合流する場合においても合理的に計算可能であることが示された。</p> <p>③の課題を解決するため、土石流を構成する様々な大きさの砂礫の挙動を考慮し、かつ、山地溪流から扇状地に至る土石流流動過程を解析可能とする「1次元・2次元混合粒径モデル」を開発した。「1次元・2次元混合粒径モデル」は、前述の「結合モデル」を、異なる粒径の砂礫から成る土石流を解析可能となるよう改良したモデルであ</p>			

り、土石流の粒度構成によってピーク流量が変化することや、流下に伴う先頭部の粗粒化および後続部の細粒化が表現可能となる。「1次元・2次元混合粒径モデル」による既往水路実験の再現計算結果から、土石流堆積物内部の粒度分布に関して、既往モデルよりも正確な計算を実施できることが示された。

さらに③の課題を解決するため、土石流先頭部の巨礫集積現象を簡易的に表現可能とする「土石流先頭部の大粒子集積モデル」を開発した。まず土石流先頭部の巨礫集積メカニズムの理解が不十分であることを踏まえ、水路実験により現象の解明を行った。この結果に基づき、土石流内部の比較的小さな砂礫の落ち込みを主要因とする巨礫集積メカニズムを提案した。次にこのメカニズムを踏まえて開発したモデルでは、土石流流動層を複数の層に分割し、上下層間での砂礫の落ち込み機構を組み込んだ。砂礫の落ち込み機構は、砂礫の粒度構成によって定義される砂礫間隙と対象砂礫粒径との比および上下層の流速差に依存するものとして簡易式を用いて表現した。「土石流先頭部の大粒子集積モデル」を用いて水路実験の再現を行った結果、高い適合性が得られた。

最後に、上記の開発したモデルを組み合わせ、実際の土石流災害に対応可能な統合土石流計算モデルを開発した。本モデルを用いて既往土石流災害の再現計算を行った結果、土石流氾濫範囲や堆積土砂の粒径分布を再現可能であることが示された。また、支川からの土石流流入が発生した事例においては、本川と支川の合流部付近における浸水被害拡大や本川の河床上昇を再現可能であることが示された。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 words で作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

土石流危険渓流において効果的なソフト・ハード対策を実施し、被害を防止・軽減するには、土石流の氾濫開始時刻や氾濫・堆積状況を予測する必要があるが、現在実用化されているモデルには予測精度に関する課題が残されている。そこで本論文は、様々な渓流を対象とした土石流解析を高精度かつ短時間で実施することのできる実用的な土石流計算モデルを開発したものである。本論文において評価できる主な点は次のとおりである。

1. 従来個別に行われていた、山地渓流を対象とする1次元計算と扇状地を対象とする2次元計算を連結させ、両者を双方向に関連させながら計算を進める「結合モデル」を開発した。このモデルにより、山地渓流と扇状地の境界で顕著な河床変動が発生する場合でも、合理的な計算を実施できるようになった。
2. 上記「結合モデル」の2次元領域において、複数の1次元領域からの流入を任意の地点、かつ、任意の流入角度で考慮可能とした「土石流合流モデル」を開発した。このモデルにより、複数渓流から様々なタイミングで発生する洪水流や土石流の合流および合流部周辺の氾濫・堆積過程をより合理的に計算できるようになった。
3. 土石流を構成する様々な大きさの砂礫の挙動を考慮しつつ山地渓流から扇状地に至る土石流流動過程を解析できる「1次元・2次元混合粒径モデル」を開発した。このモデルにより、粒度構成に依存した土石流ピーク流量の変化、土石流の流下に伴う先頭部の粗粒化および後続部の細粒化、土石流堆積物内部の粒度分布の時空間変動を計算できるようになった。
4. 土石流流動層を複数の層に分割し、分割した層間での砂礫の落ち込み機構を組み込むことにより、土石流先頭部の巨礫集積現象を表現した「土石流先頭部の大粒子集積モデル」を開発した。このモデルにより、計算負荷を抑えつつ高精度で実際の土石流を再現することが可能となった。

以上のように、本論文は、従来のモデルの問題点を解決し、より精度の高い実用的な土石流数値計算モデルを開発したものであり、森林科学、山地保全学、土砂水理学、自然災害科学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成28年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）